



# HiKOB



## Capter le présent, anticiper notre environnement

*Guillaume Chelius, CEO <[guillaume.chelius@hikob.com](mailto:guillaume.chelius@hikob.com)>*

**ASPROM**  
OPTEZ POUR L'INNOVATION

# SUMMARY

0 – HIKOB

1 – WSN & M2M

2 – EXEMPLE APPLICATION / MARCHE – ROUTES  
INTELLIGENTES

3 – CAS D'USAGE : INSTRUMENTATION CORPORELLE

4 – QUESTIONS DE CONSOMMATION

5 – AUTRES QUESTIONS - CAS D'USAGE : CHAUSSEE  
INTELLIGENTE

6 – HIKOB

7 – CONCLUSION



# HiKoB



## 0 – HiKoB



- HiKoB est une startup issue de l'INRIA, de l'INSA de Lyon et de l'ENS Lyon
- Création le 4 juillet 2011
- 8 salariés au 01/10/2012
- Société bi-localisée à Lyon & Grenoble

# REFERENCES (1)

A strong background in the design,  
production, deployment and management of  
operational sensors networks in multiple  
business environment and high-level of  
constraints context

**+2,000 sensors deployed**

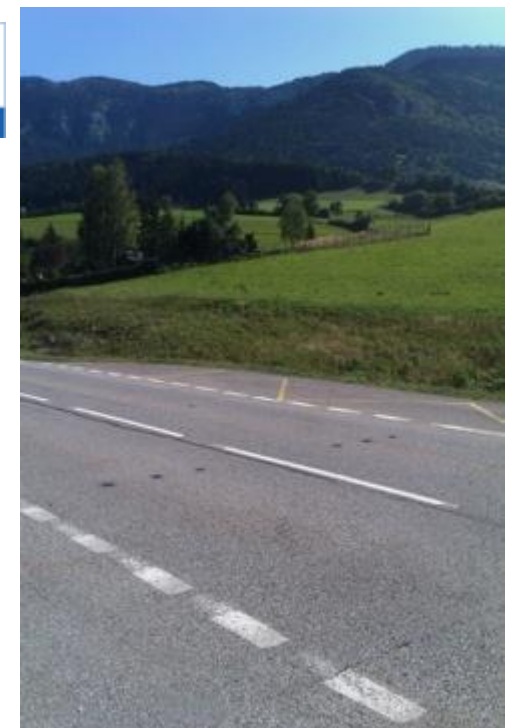


**Inserm**  
Institut national  
de la santé et de la recherche médicale

ASSISTANCE  
PUBLIQUE HÔPITAUX  
DE PARIS



[www.isere.fr](http://www.isere.fr)  
CONSEIL GÉNÉRAL





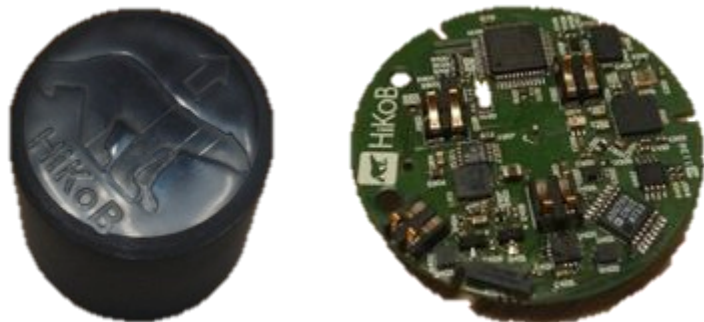
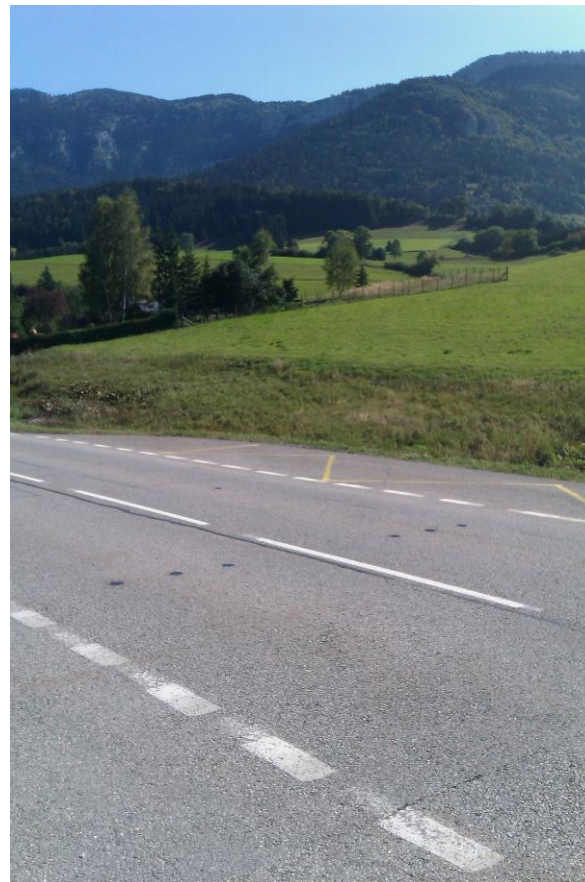
## Vehicle / Truck detection

CETE du Sud Ouest



### Motorway A63 – Gargails rest area

- Truck Parking parking places availability
- In pavement embedded HiKoB WISE COW sensor nodes
- Magnetometer
- 10 years battery life
- Wireless communication





# HiKOB

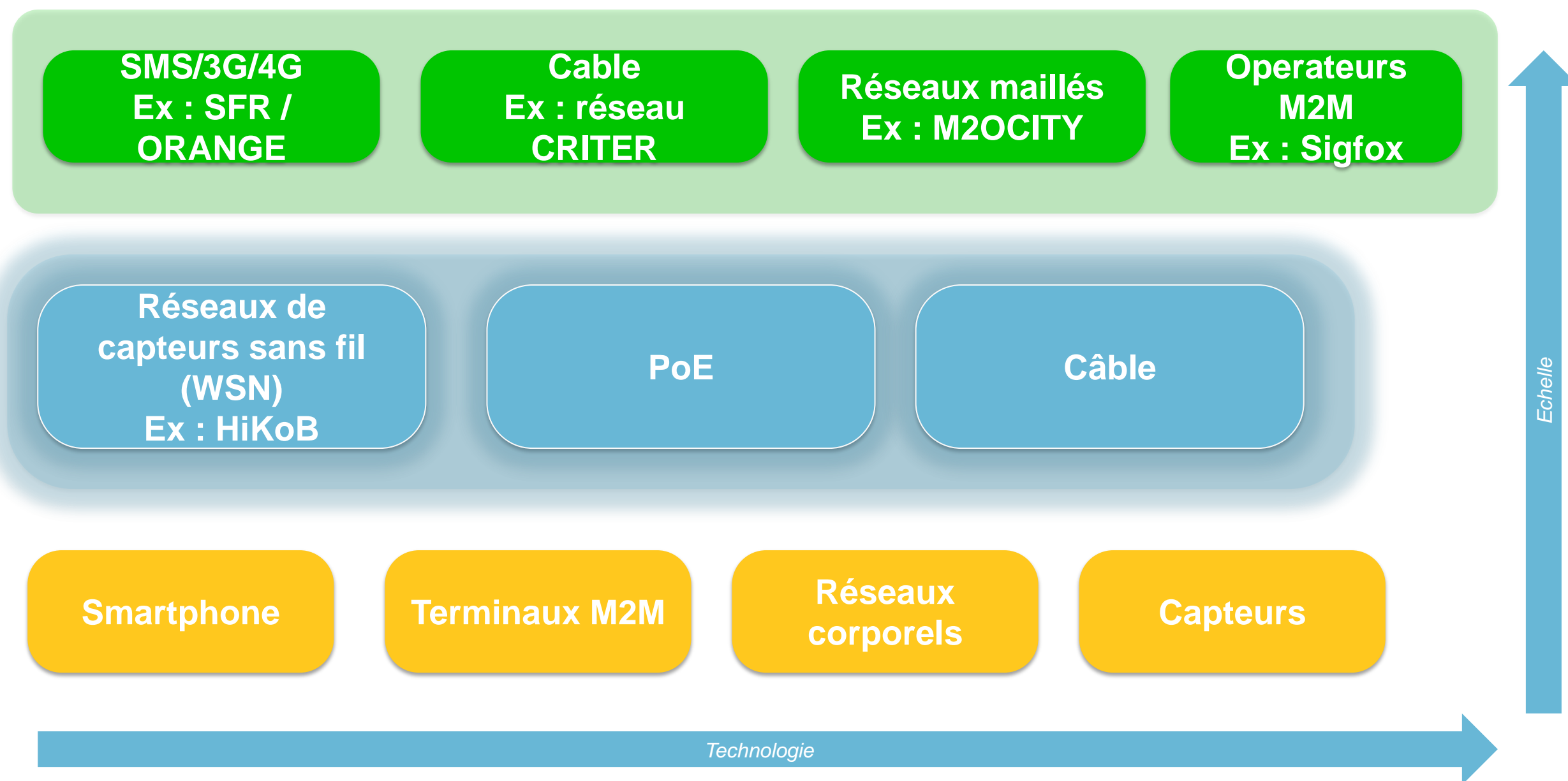




# 1 – WSN & M2M

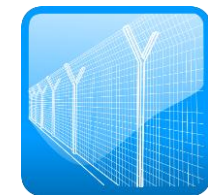


# WSN & M2M



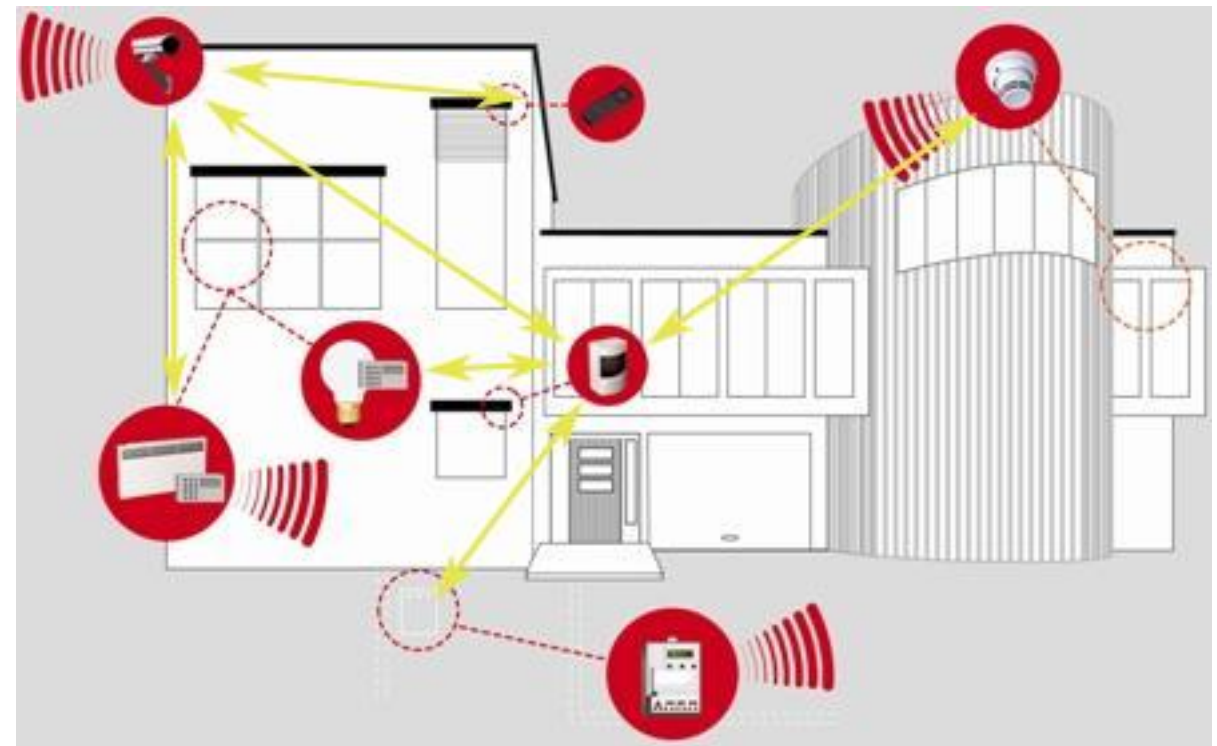
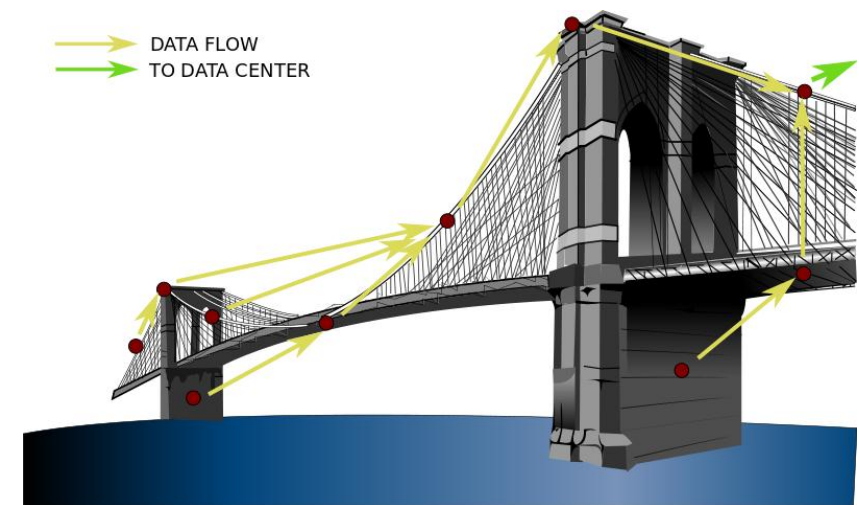
# MULTITUDE D'APPLICATIONS

- Des multitudes d'applications :
  - Processus industriels
  - Défense / sécurité
  - *SmartGrid*
  - *Intelligent Transportation Systems*
  - *SmartCity*
  - Surveillance environnementale
  - ...
- + les réseaux corporels...



# MULTITUDE D'USAGES

- Orienté mesure : collecte d'information / événements
  - Détection d'incendie
  - Surveillance d'infrastructure
  - Surveillance environnementale
- Orienté contrôle / commande : boucle de rétroaction
  - *Home / building automation*
  - Robotique



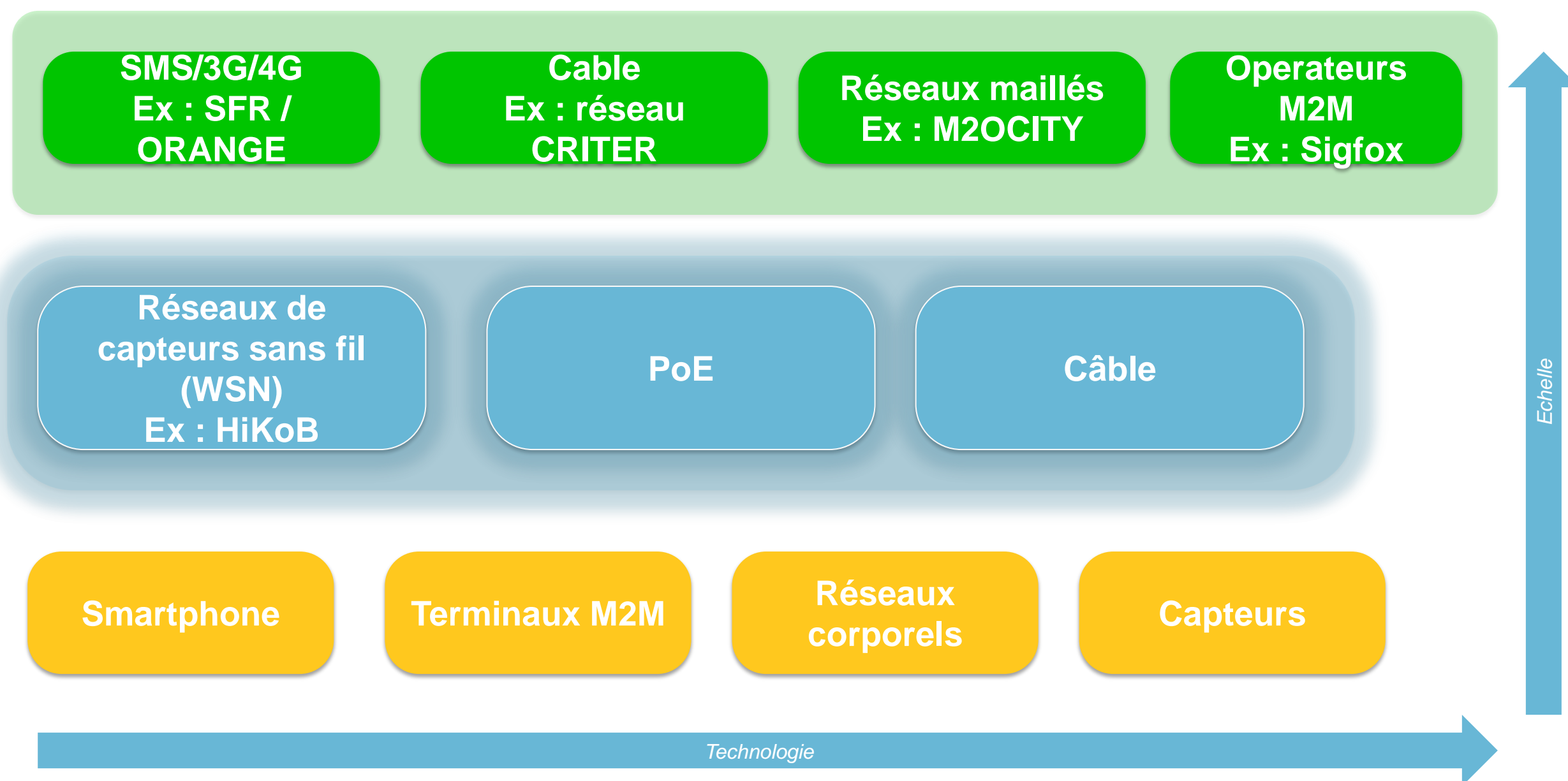


# MULTITUDE DE CONTRAINTES

- Instrumentation large échelle
  - Nombre de nœuds
  - Superficie à couvrir
- Couverture locale & routage multi-sauts ou opérateur ?
- Latence / bande passante / qualité de service ?
- Réseau tiers ou réseau « maîtrisé » ?
- Autonomie (10 jours, 1 an, 3 ans, 10 ans, possibilité de recharger...)
- Réseau très basse consommation ou réseau télécom ?

De nombreuses applications → de nombreuses contraintes **MAIS** de nombreuses solutions

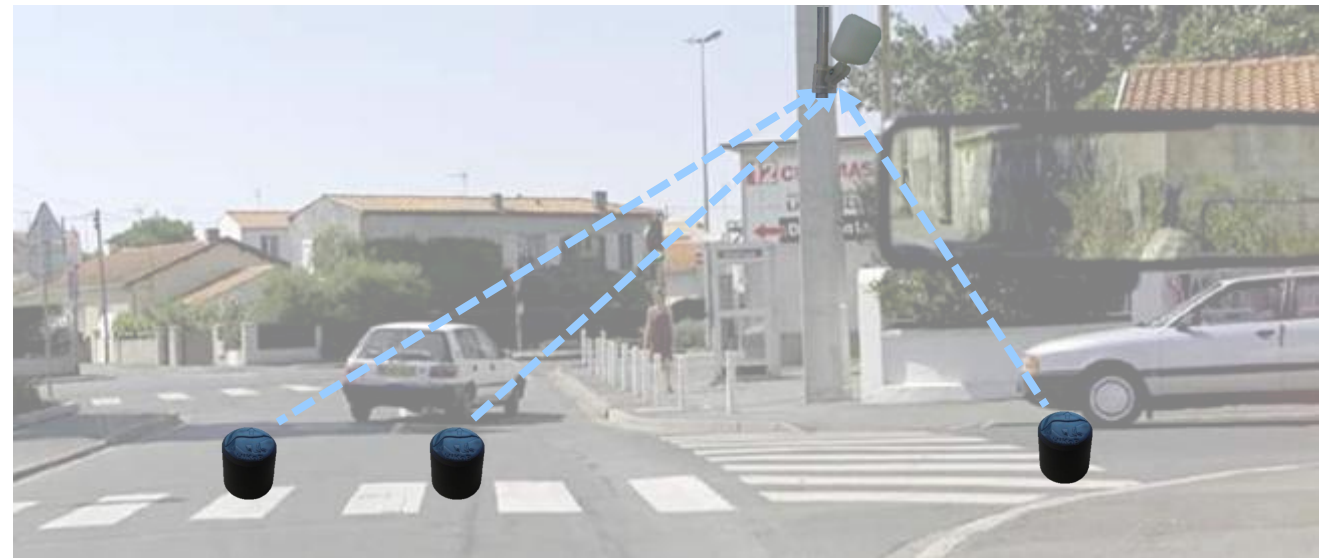
**Des technologies / architectures à adapter aux besoins.**



# [Multi Hops] Local Wireless communications

## Wireless Sensors Networks

Single hop architecture



Multi hop architecture



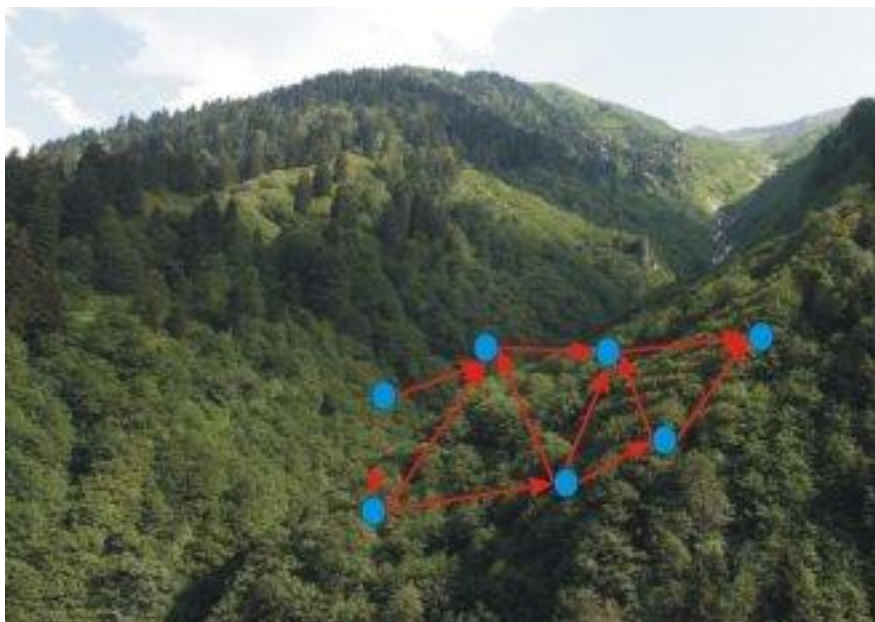


## Architecture radio multi sauts



- > s'affranchir de la nécessité de câbler
- > permettre une exploitation centralisée d'informations distribuées spatialement

# LA VISION *SMARTDUST*



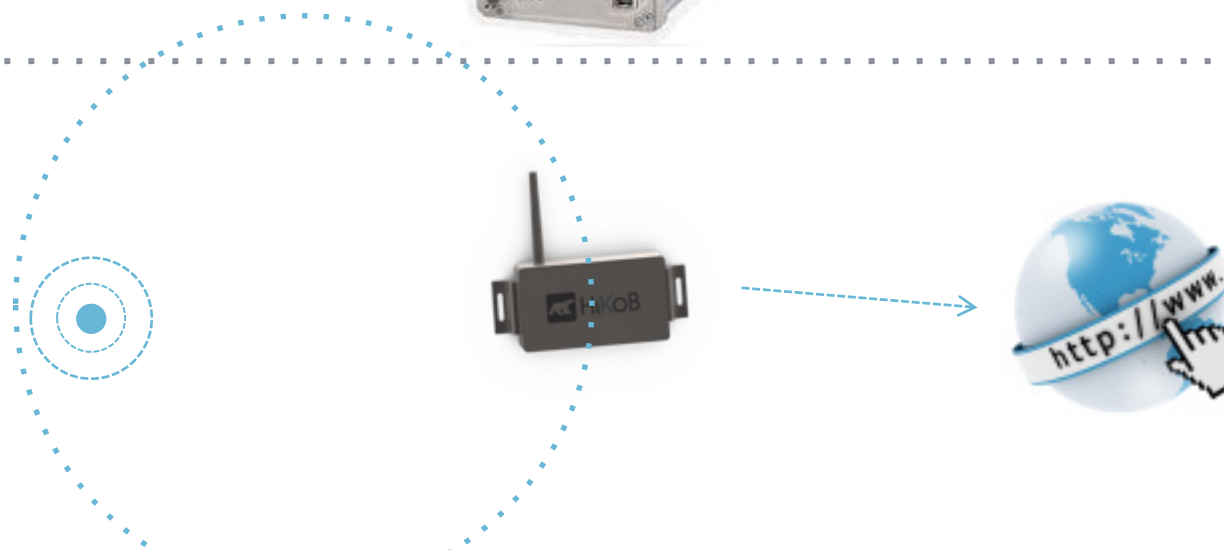


# NOTRE EXPERIENCE ACTUELLE

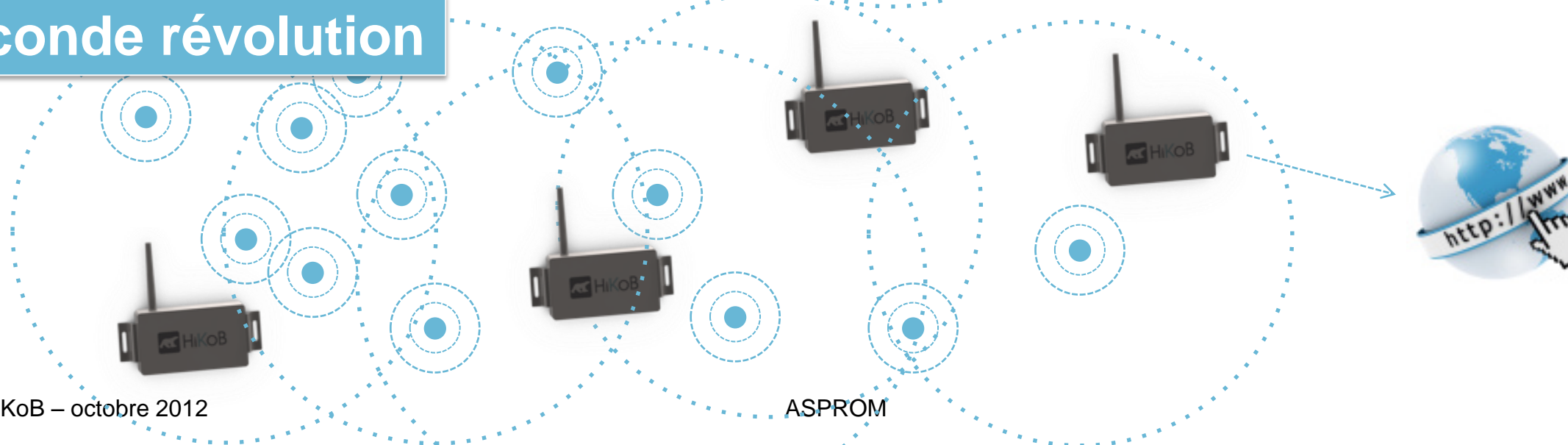
Ancienne  
génération



Première  
révolution



Seconde révolution





# VISION ACADEMIQUE VS VISION INDUSTRIELLE

ACADEMIE	INDUSTRIE
Déploiement simple & peu couteux	Déploiement couteux & complexe
Redondance importante	Chaque capteur compte (et coute)
Pertes	100% de fiabilité
Système distribué autonome	Instrument de mesure
Auto-*	Système structuré ou supervisé

# « OBJET INTELLIGENT »



Disc of 38 mm



20 mm x 37.47  
mm

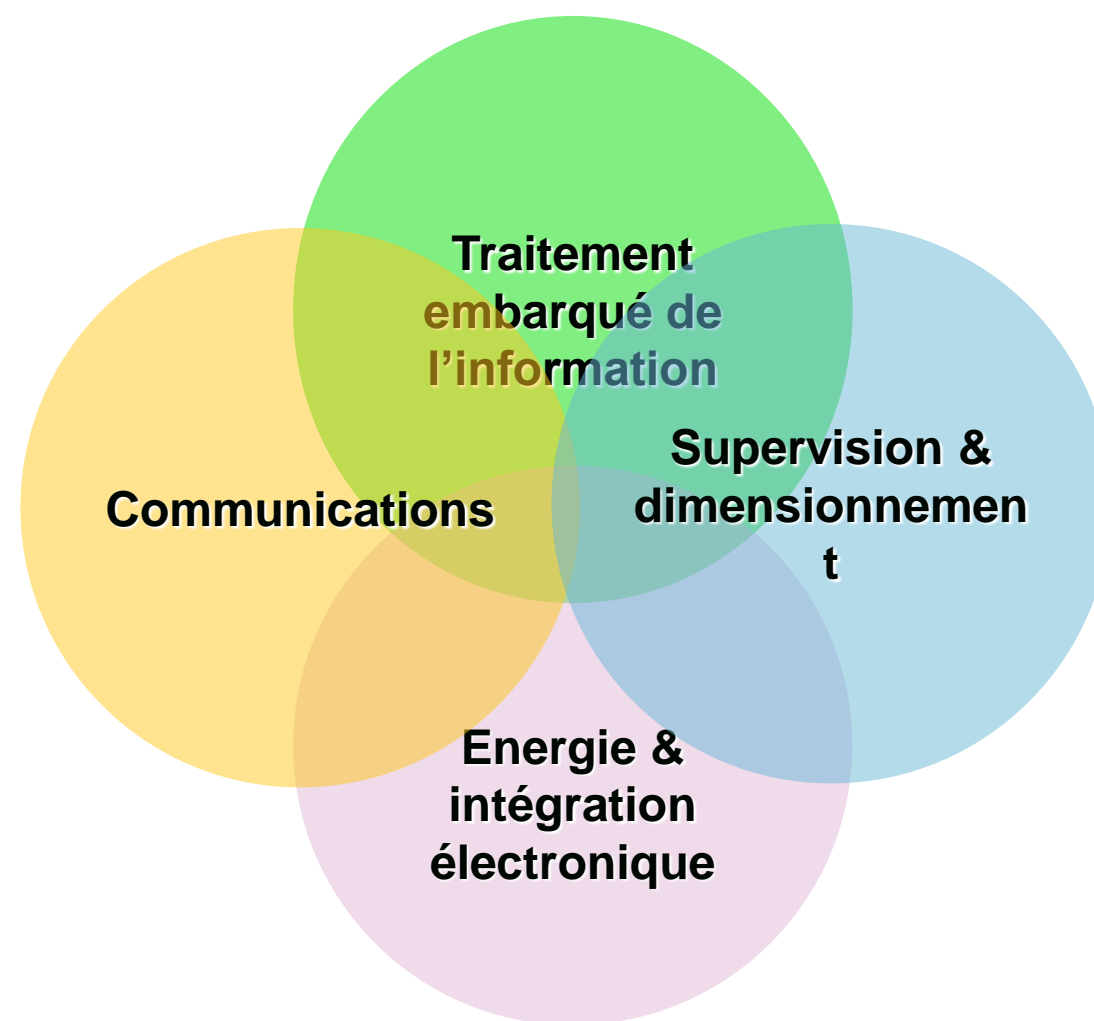
1. Capturer la donnée
  2. Traitement embarqué de l'information
  3. Communication de l'information via une architecture radio [multi sauts]
- Environnement contraint
  - Fonctionnement basse consommation
  - Fiabilité matérielle et logicielle
  - Intégration

# MULTITUDES DE STANDARDS / NORMES / PROPOSITIONS

- IEEE 802.15.4 (CSMA/CA / TDMA)
  - 868MHz/.../2.4GHz
  - 250kbps, 16 canaux en 2.4GHz
  - 15.4<sup>e</sup>: TSCH (FTDMA)
- IETF 6LowPan
- Routing Mesh Under / Routing over
  - RPL
  - LOAD
- Zigbee
- CoAP, REST, SEP2, ...
  - Couches supérieures : routage et applications
- WirelessHART
  - Réseau maillé auto-\*
  - Basé sur TSMP (~TSCH)



# LA COMBINAISON MAGIQUE



## 2 – EXAMPLE APPLICATION / MARCHE INFRASTRUCTURES INTELLIGENTES

# INFRASTRUCTURES PRINCIPAUX PROBLEMES

- « *reduce the need for additional capital expenditure* »
- « *optimise the capacity of assets that are already in place* »
- « *reduce impact on environmental resources* »
- « *get maximum value money from existing physical infrastructures* »
- « *improve safety and reduce system risks* »
- « *fully exploit the potential value of future investments* »
- « *reduce infrastructure operation costs and improve productivity* »
- « *provide revenue raising opportunities* »





# INFRASTRUCTURES *HIGHLIGHTS*

*Budget dépensé en investissement (France) : 12,000,000,000 €  
12,000 € per km*

*Budget dépensé en maintenance (France) : 2,500,000,000 €  
2,500 € per km*

**BESOIN CRUCIAL POUR DES  
INFRASTRUCTURES  
INTELLIGENTES**

# INFRASTRUCTURES INTELLIGENTES COMMENT CA MARCHE ?

« Intelligent infrastructure combines **sensors, network connectivity** and **software** to **monitor** and analyze complex systems to uncover inefficiency and inform optimal operations. »

« The sensor component **collects operational detail over time** as well as providing **real-time inputs** on current conditions. »

« The **network connectivity** ensures the flow of information between **systems, other sensors, and practitioners**. »

# INFRASTRUCTURES INTELLIGENTES

## ***FACTEURS CLEFS DE SUCCES***

### **COUT DE POSSESSION**

- « *cout de déploiement* »
- « *cout d'équipement* »
- « *cout de maintenance et d'opération* »

### **ACCEPTABILITE**

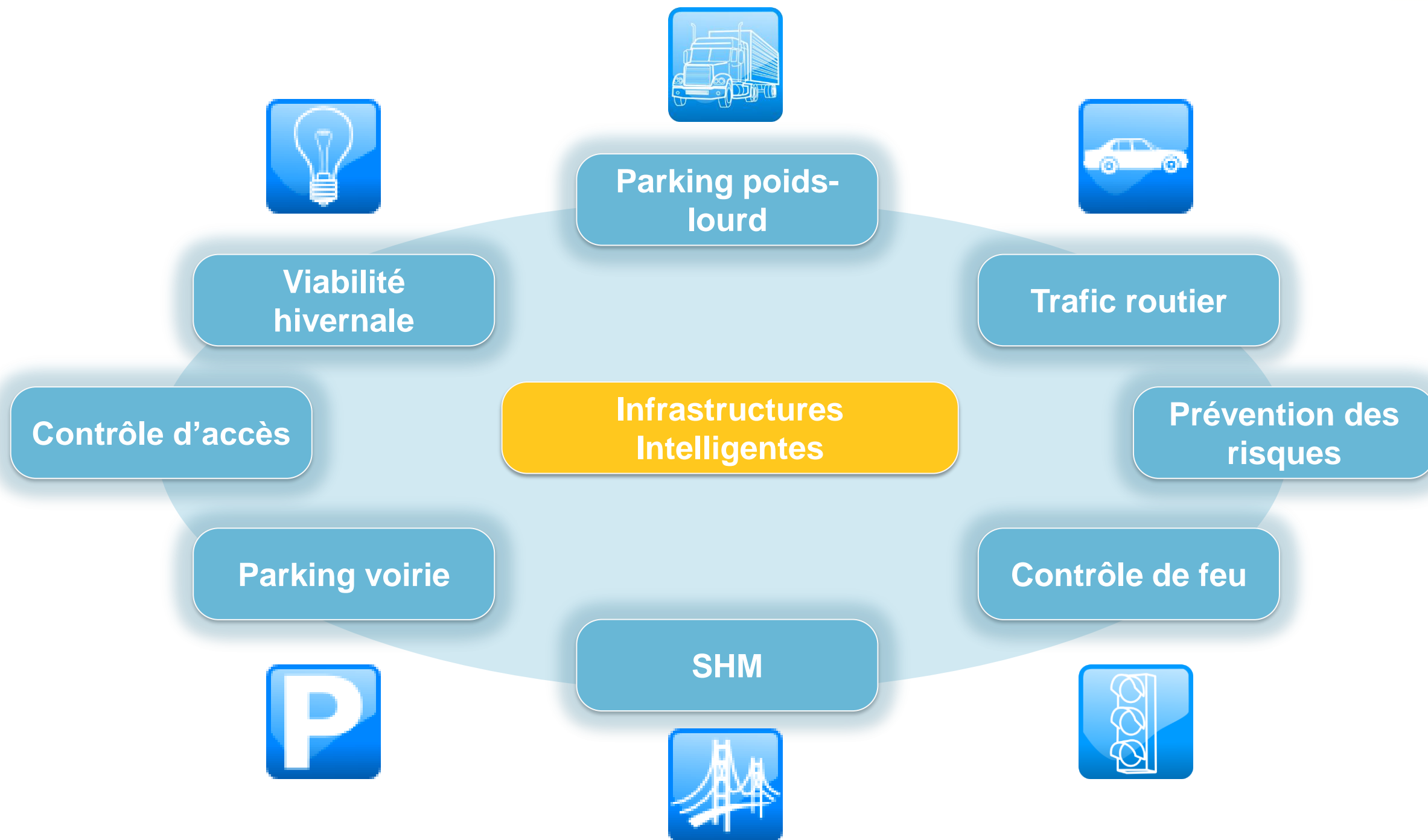
- « *compatibilité avec les usages existants* »
- « *intégration aux équipements existants* »
- « *perception sociale* »

### **QUALITE / PRECISION DES INFORMATIONS**

- « *volume & diversité des données* »
- « *multiplication des lieux* »
- « *qualité des données* »

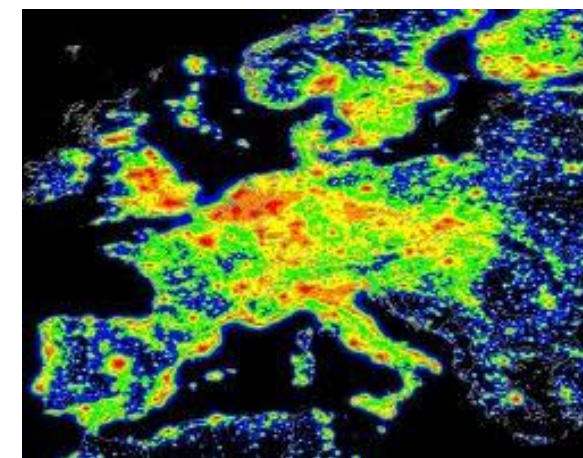
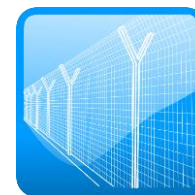
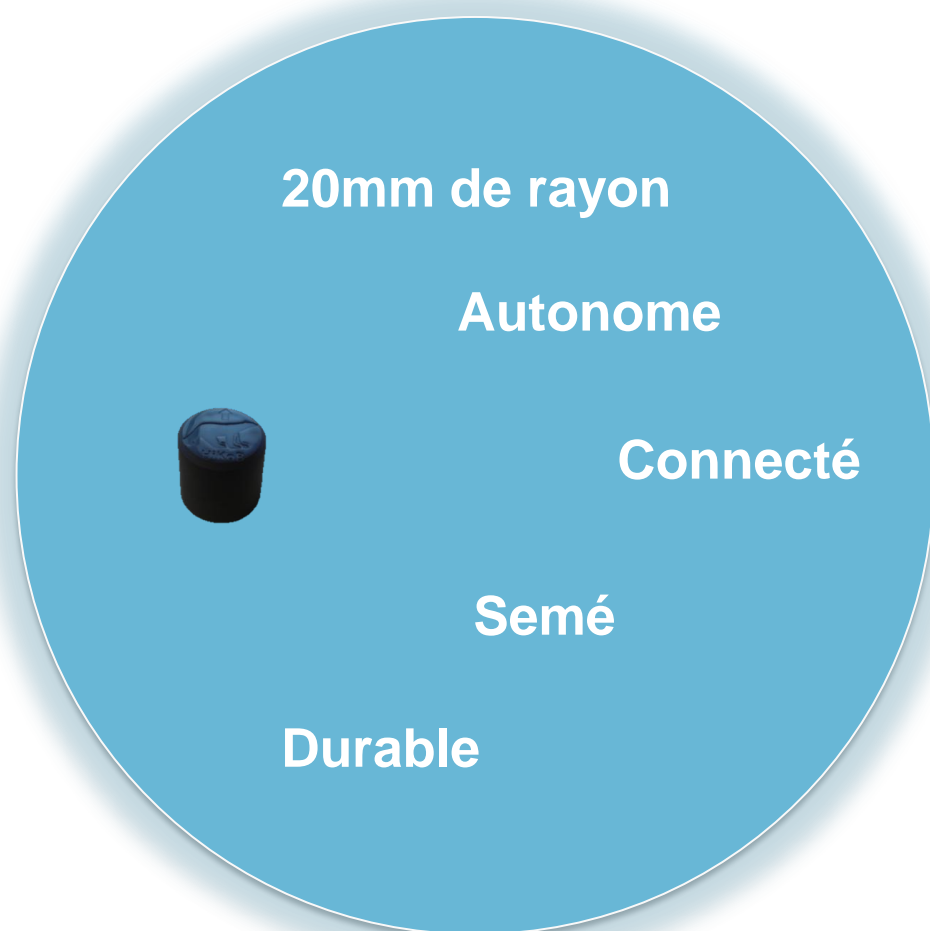


# APPLICATIONS



# INFRASTRUCTURES INTELLIGENTES

## « *SENSORS EVERYWHERE* »



# ***BUSINESS CASE***

## **SURVEILLANCE DES ROUTES**



Trafic  
Maintenance  
Viabilité hivernale  
Météo

8 capteurs par 1km  
2 routeurs par 1km  
0,25 passerelle par 1km

France : 1,000,000 km de routes

**Un marché de 10,000,000 de capteurs en France  
Qu'en est-il de l'Europe ?**

Europe (27) : 5,600,000 km de routes

***Quid des autres infrastructures ?***

Europe (27) : 216,000 km de rails  
Une traverse tous les 50cm...



# INFRASTRUCTURES INTELLIGENTES

## « *TODAY* »

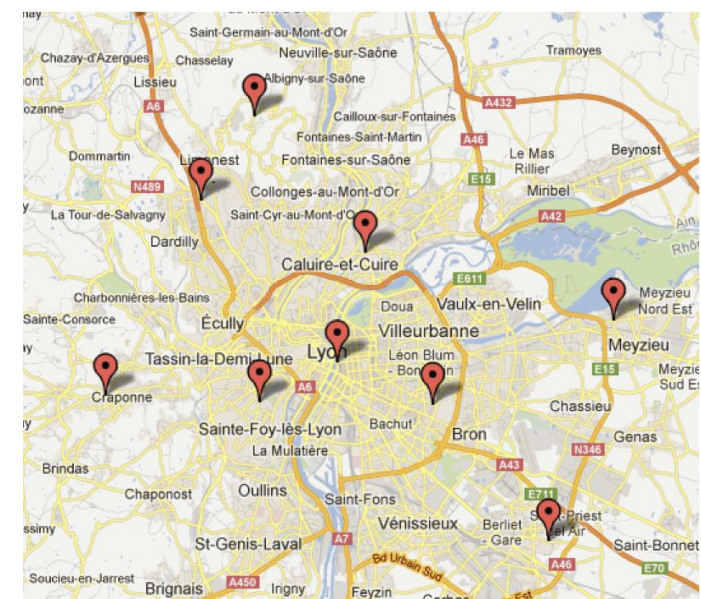
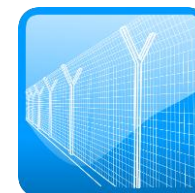
50mm de rayon

10 ans de vie

Connecté

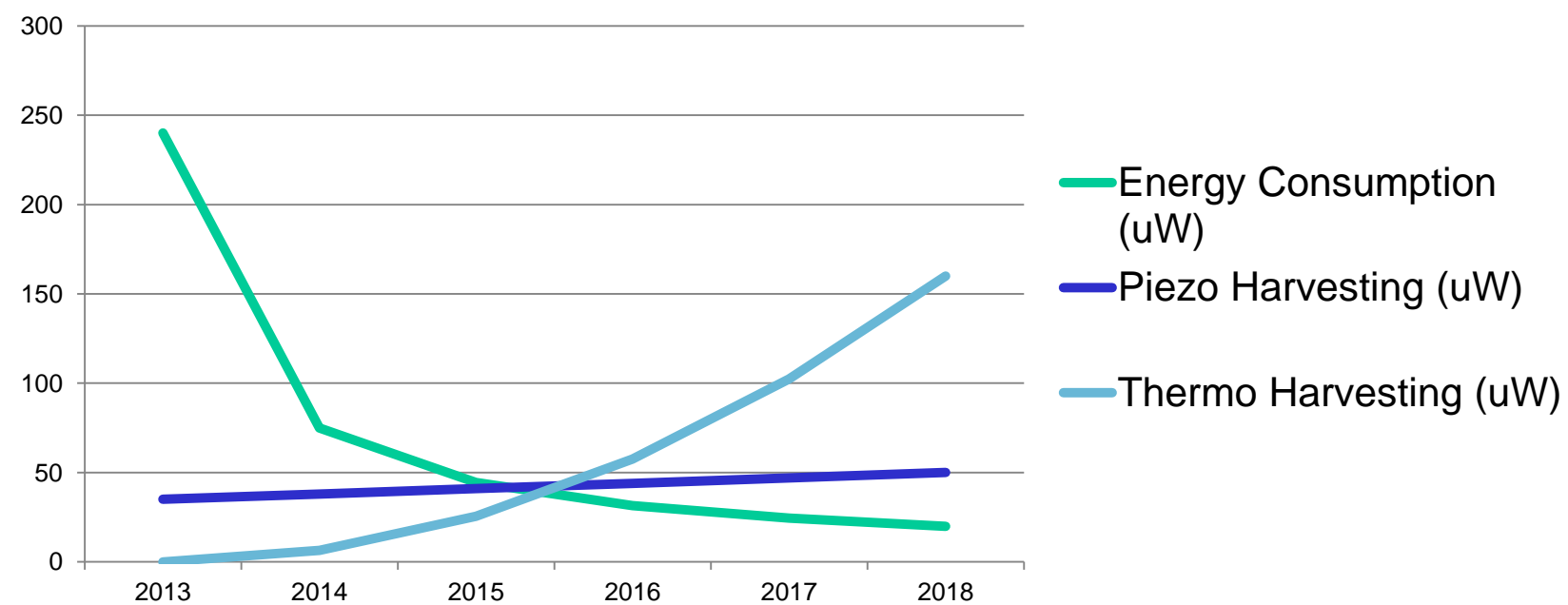
Carotté

Non durable



# EVOLUTION TECHNOLOGIQUE

NOUS AVANCONS RAIDEMENT VERS LE POINT D'INFLEXION  
ENERGETIQUE



## 3 – CAS D'USAGE INSTRUMENTATION CORPORELLE



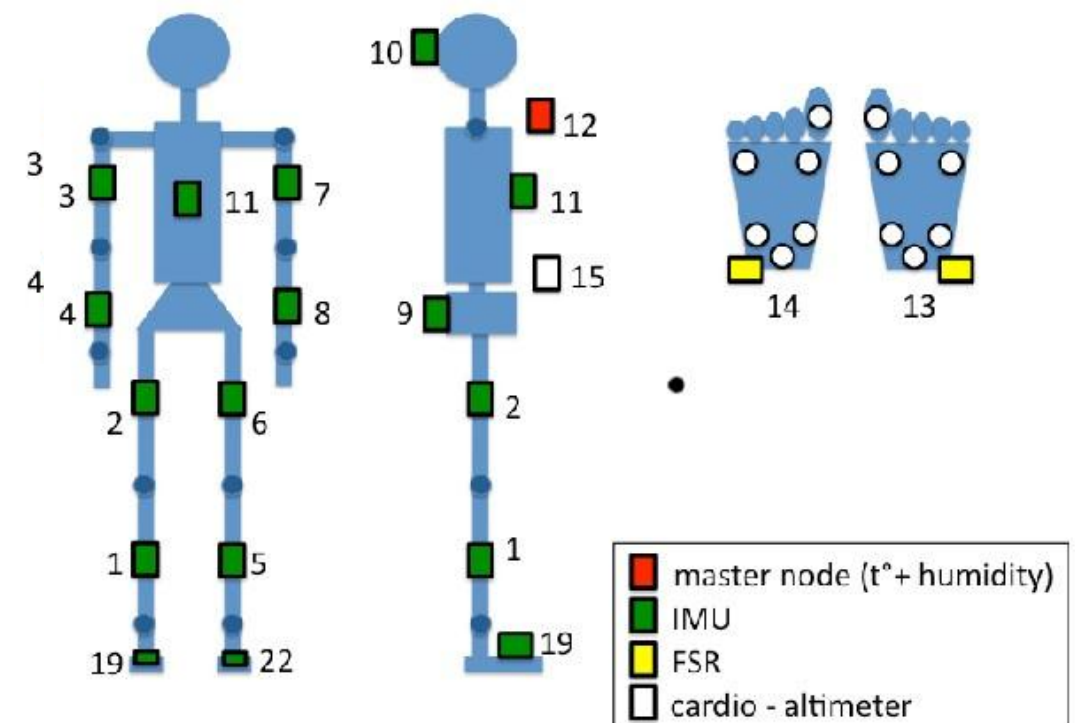
# BIOLOGGING SPORTIF



# OBJECTIFS

## Mesure corps complet

- 12 IMus
- 2 chaussures équipées de capteurs de pression
- 1 GPS + altimètre
- 1 capteur de température corporel
- 1 capteur de température externe
- 1 cardio fréquencemètre



# OBJECTIFS

## Stockage des données sur site

- expérimentation *in situ* hors labo (ex : désert)
- stockage persistant des données
- utilisation de cartes uSD

## Est-ce un réseau de capteurs

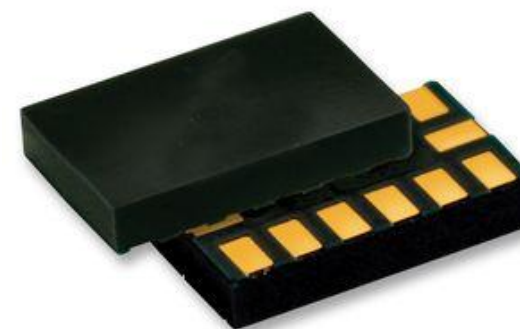
- nécessité de synchroniser les capteurs
- nécessité de contrôler les capteurs



## Capteur IMU

- Accéléromètre 3 axes (16bits)
- Magnétomètre 3 axes (16bits)
- Gyroscope 3 axes (16bits)
- Fréquence d'acquisition de 100Hz

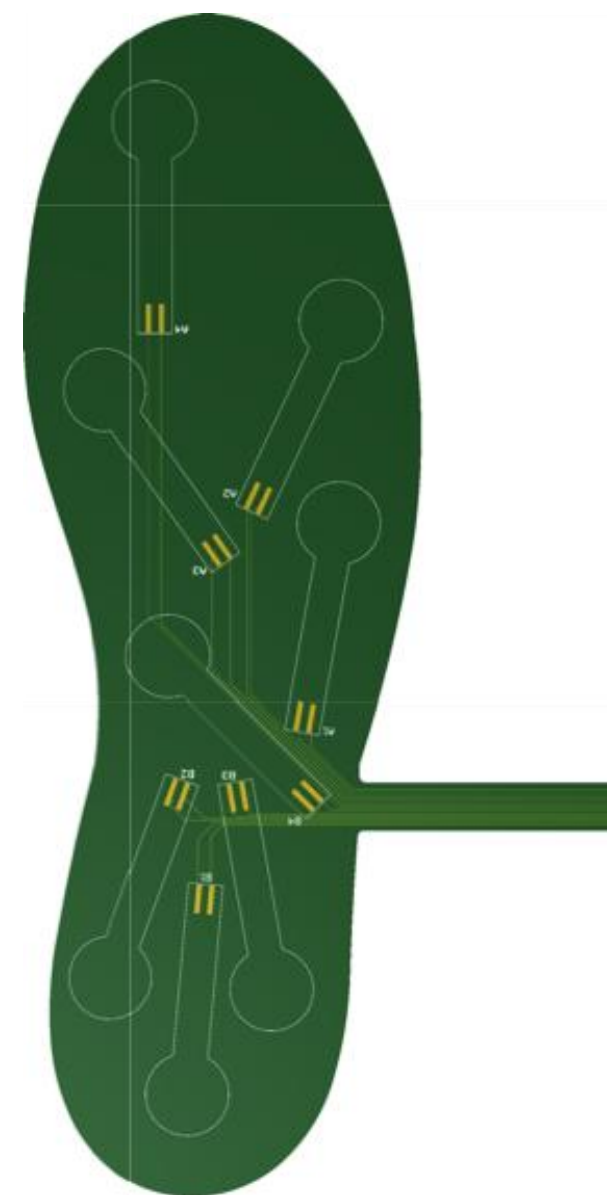
→ 14.4kbps



## Capteurs de pression en chaussures

- FSR 8 points (*Force Sensitive Resistor*)
- Echantillonné sur un ADC 16bits
- Fréquence d'acquisition de 100Hz

➔ 12.8kbps



# DEBIT GENERE

## Fréquence cardiaque

- Fréquence de 40 à 200ppm
- Taux de rafraichissement 2Hz → 32bps



## Température

- 16bits, 1Hz
- 2 points → 32bps

## GPS + altimètre

- 1 Hz





# DEBIT GENERE

## Total pour l'ensemble des capteurs

- 12 IMU : 172.8kbps
- 2 FSR : 25.6kbps
- autres : 224bps

➔ 198.6kbps

## Collecte d'information temps réel

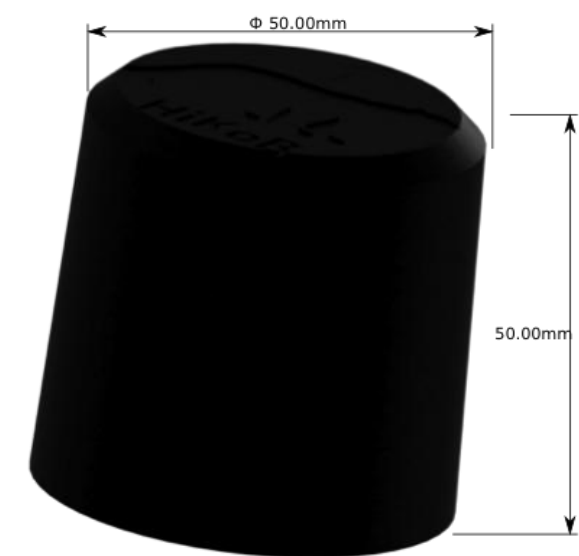
- Impossible sur un lien à 250kbps
- Compression ?

## Synchronisation des données

- Synchronisation temporelle donnée par le GPS
- Diffusée à l'ensemble des données
- Les marques temporelles sont insérées dans le flux de données de chaque capteur
- Synchronisation globale offline
- Robustesse du système
- Implémentation simple

## 4 – QUESTIONS DE CONSOMMATION

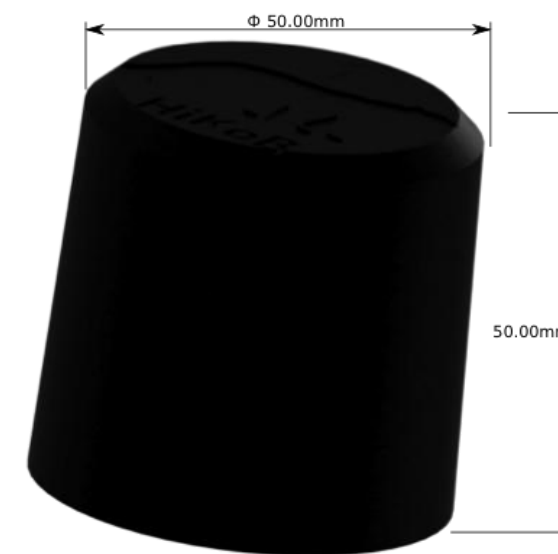
Ou comment limiter la taille des piles...





## people say....

« on a wireless sensor system, the radio consumes most of the power »



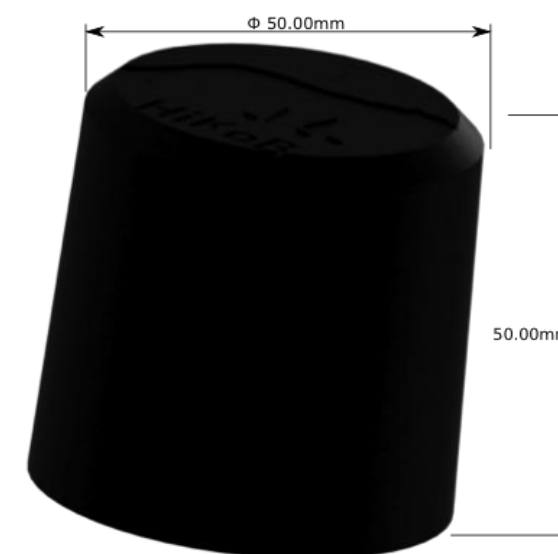
# MCU & RADIO

## Puissance MCU

- STM32L ARM Cortex-M2 (32bits) : 230uA/MHz @16MHz → 0.7nJ/instruction
- MSP430F5 (16bits) : 165uA/MHz @16MHz → 0.5nJ/instruction

## Puissance Radio 802.15.4 PHY 250kbps

- AT86RF231 : 11.6mA TX@0dBm → 139nJ/bit
- CC2520 : 25.8mA TX@0dBm → 310nJ/bit



## Une application sans capteur ?

Capteur	Freq.	Courant	Energie
température	4Hz	8uA	6uJ/échantillon
accéléromètre	100Hz	44uA	1.32uJ/échantillon
magnétomètre	10Hz	0.9mA	270uJ/échantillon
gyroscope	400Hz	6.5mA	48uJ/échantillon
GPS	1Hz	10mA	30mJ/échantillon

**Le type de capteur et sa fréquence d'échantillonnage impactent la consommation globale du nœud**

# CONSOMMATION DU MCU

## *Run mode et low power mode*

- *run mode* (mesure / traitement / émission) : 160-230uA/MHz
- *low power sleep mode* :
  - MSP430 : 2.3uA avec la RTC *on*
  - STM32L : 18uA avec la RTC et le *timer on*

La consommation plancher est très importante pour un duty cycle faible...

1 échantillon / s  $\rightarrow$  5uA (capteur) + 7uA (radio) = 12uA

Mais peu importante pour un nœud multi capteurs ou à haute fréquence

100 échantillons / s  $\rightarrow$  7mA seulement pour les capteurs



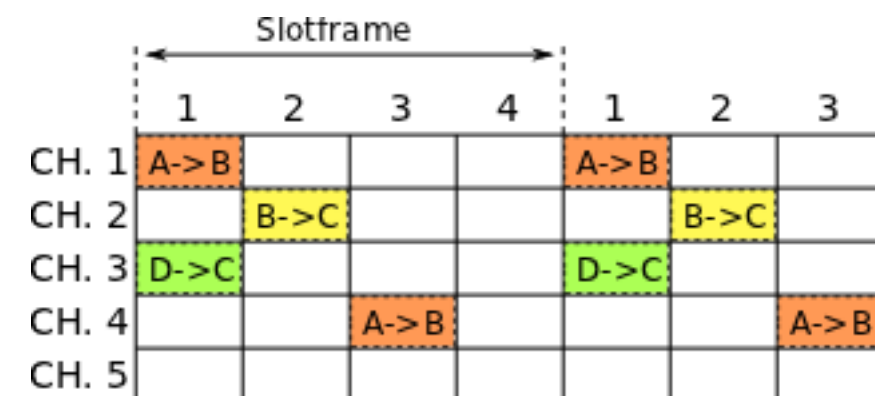
## 2 types de protocoles MAC

- synchronisé
  - Les nœuds savent quand émettre et recevoir
  - Bande passante optimisée à forte charge
  - Overhead constant requis pour la synchronisation
- non synchronisé
  - Les nœuds émettent jusqu'à ce que le récepteur reçoive
  - Très faible consommation à faible charge
  - Peu optimisé pour les trafics importants

# PROTOCOLES MAC SYNCHRONISES

## Contraintes liées à la synchronisation

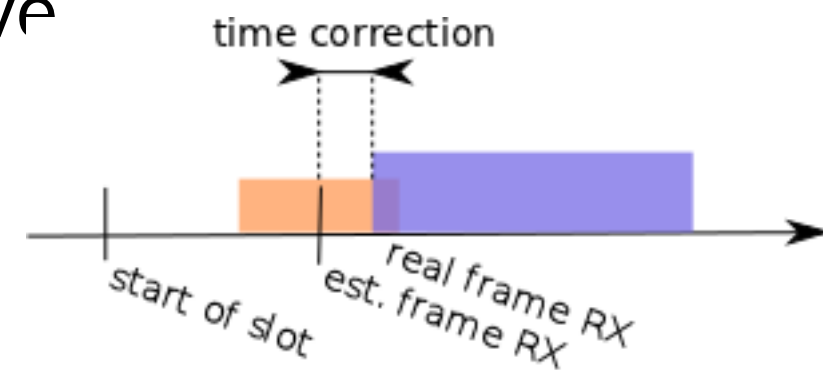
- dérive d'horloge  $< 500\mu s$
- précision du quartz : 10ppm  
→ Délai maximum entre deux synchronisations = 25s
- information de synchronisation nécessaire pour chaque voisin
- saut de fréquence possible (FTDMA)



# PROTOCOLES MAC SYNCHRONISES

## Cautions

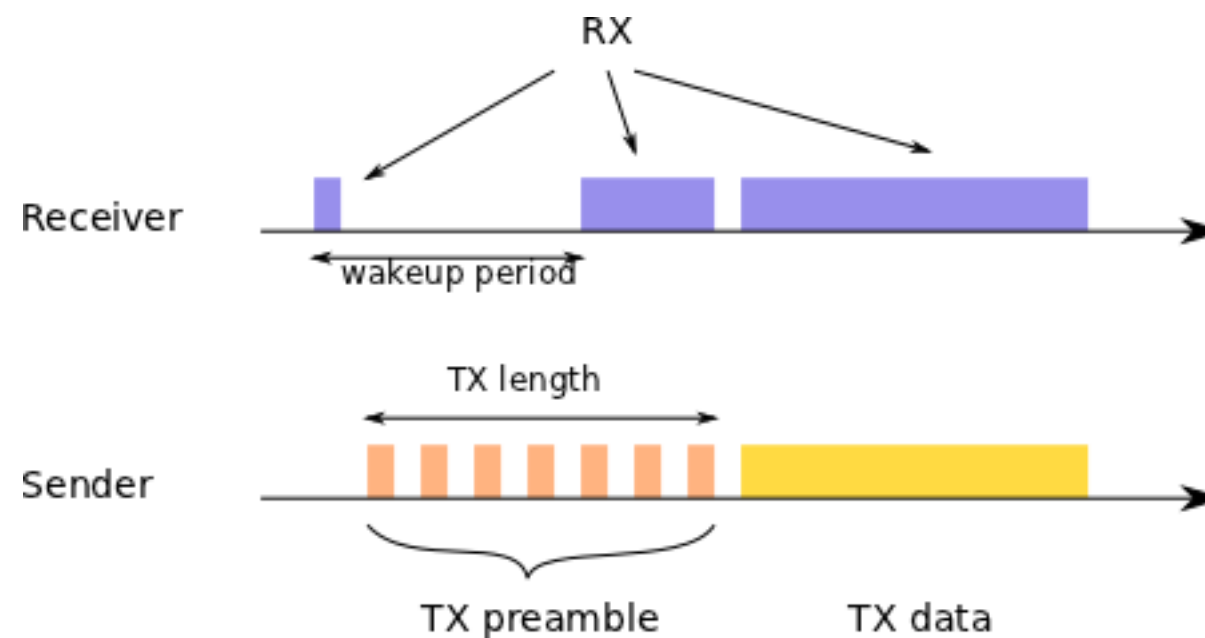
- synchronisation toutes les ~20s
- ne pas synchroniser avec tout le monde !
  - utiliser un graphe orienté de synchronisation pour permettre la convergence et éviter les boucles
  - graphe réutilisable pour du routage / ...
- « compensation intelligente » de la dérive



# PROTOCOLES MAC NON SYNCHRONISES

## Contraintes pour permettre la communication

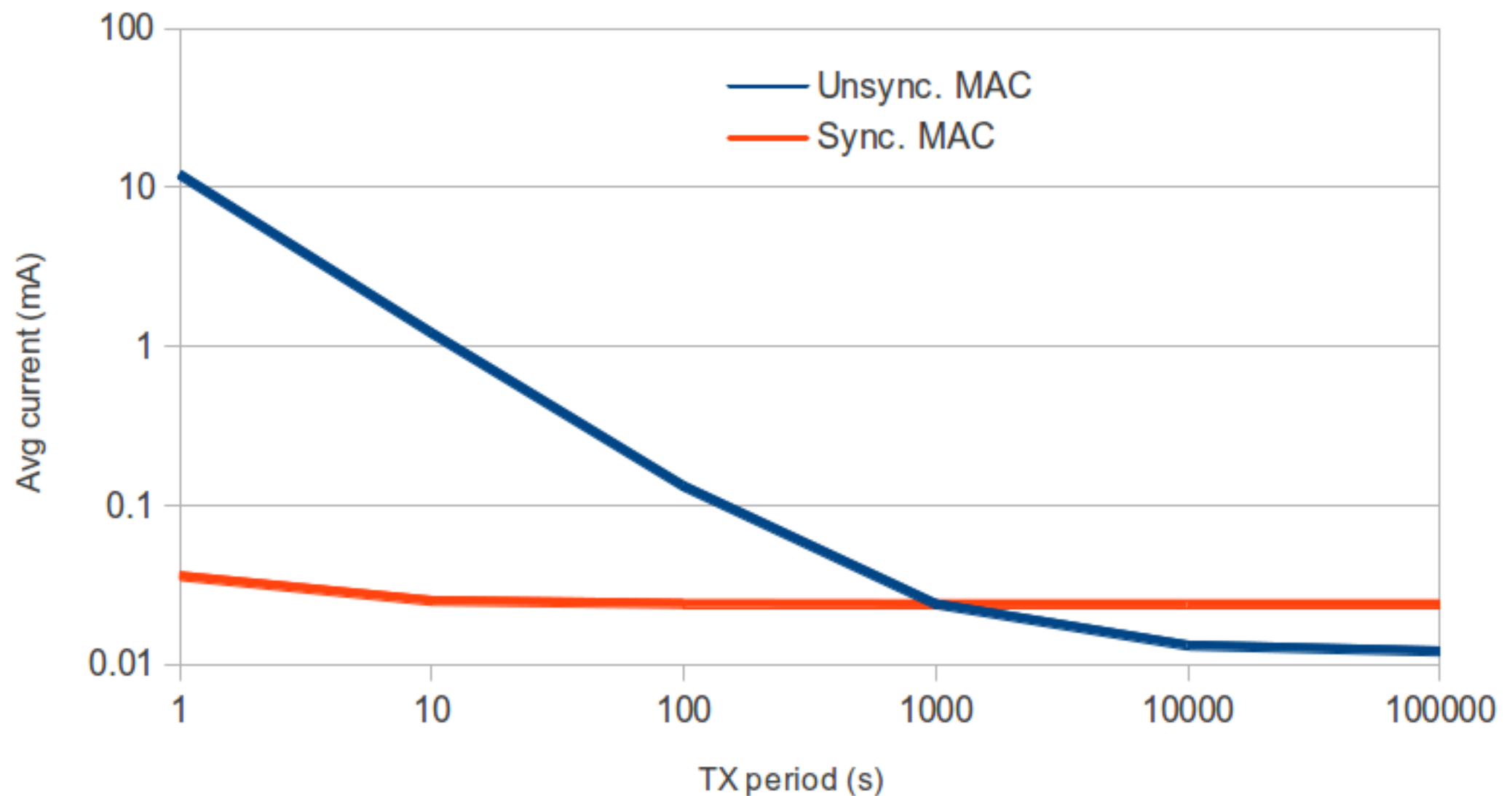
- le récepteur écoute périodiquement
- l'émetteur émet suffisamment pour permettre une communication





# COMPARAISON MAC

$N_{\text{voisins}} = 5$ ,  $I_{\text{TX}} = I_{\text{RX}} = 12\text{mA}$   
 $T_{\text{preamble}} = T_{\text{slot}} = 1\text{s}$ ,  $T_{\text{paquet}} = 10\text{ms}$

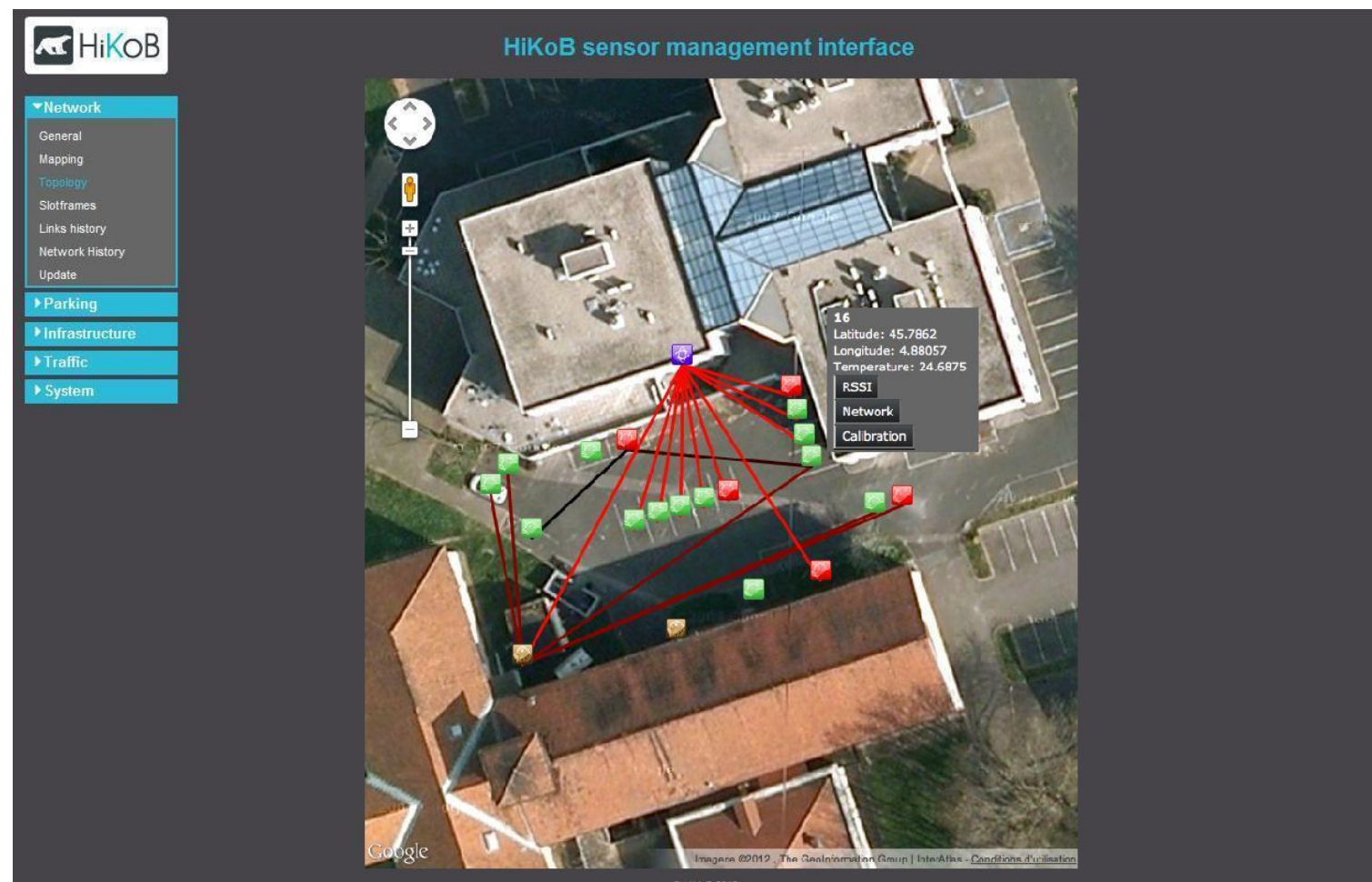


## TOUT compte !

- consommation plancher, *a.k.a.* courant de veille (MCU, radio, sensors, *pull-up*...)
- durée des piques de courant (radio  $T_{RX}$ , acquisition capteur, traitement de l'information, ...)
- durées d'activité (temps de chauffe des capteurs, activation des horloges du MCU, ...)

# **5 – AUTRES QUESTIONS CAS D'USAGE : PARKING INTELLIGENT**

## EXEMPLE DE SETUP

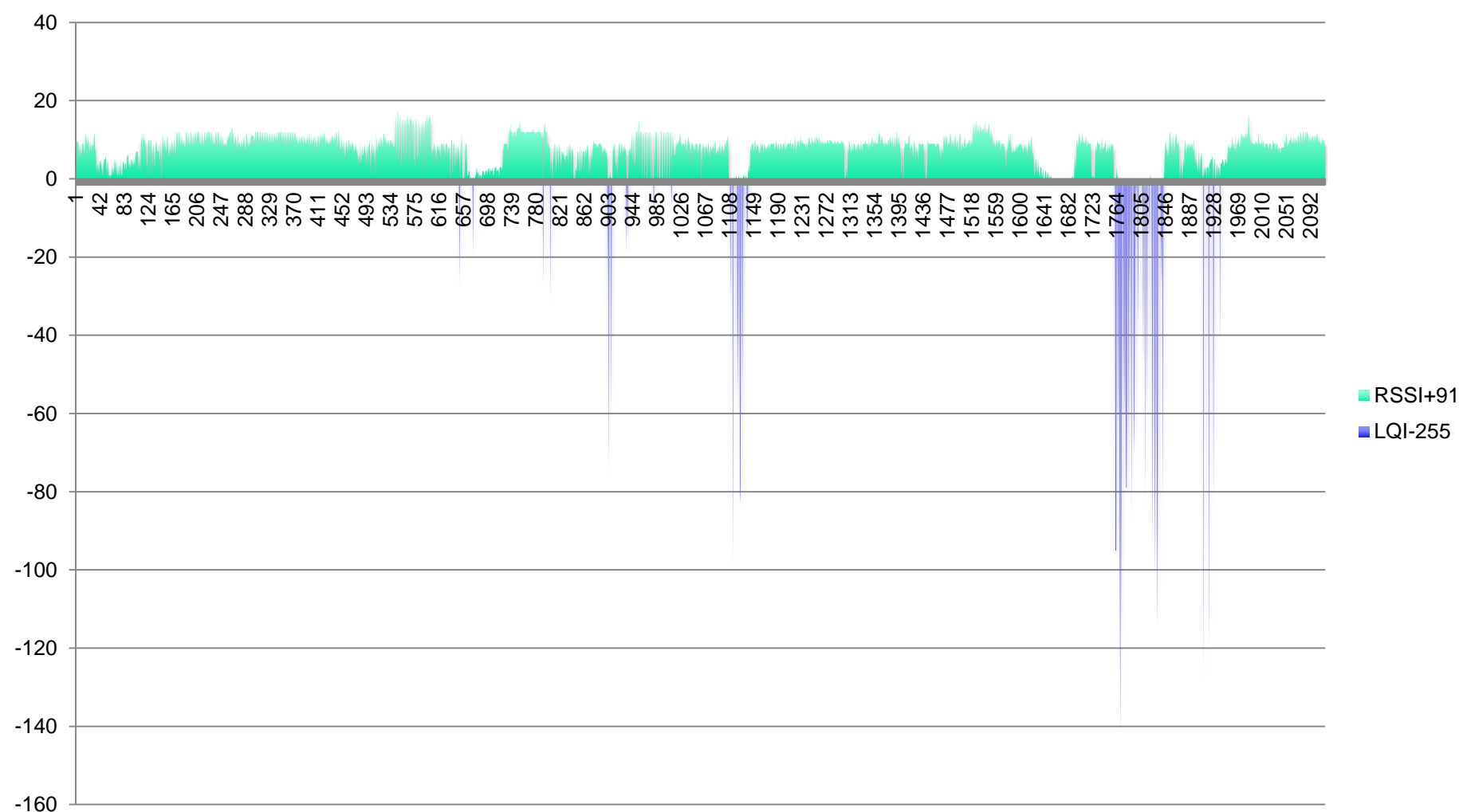




# COMMUNICATIONS, SUPERVISION & DIMENSIONNEMENT RADIO

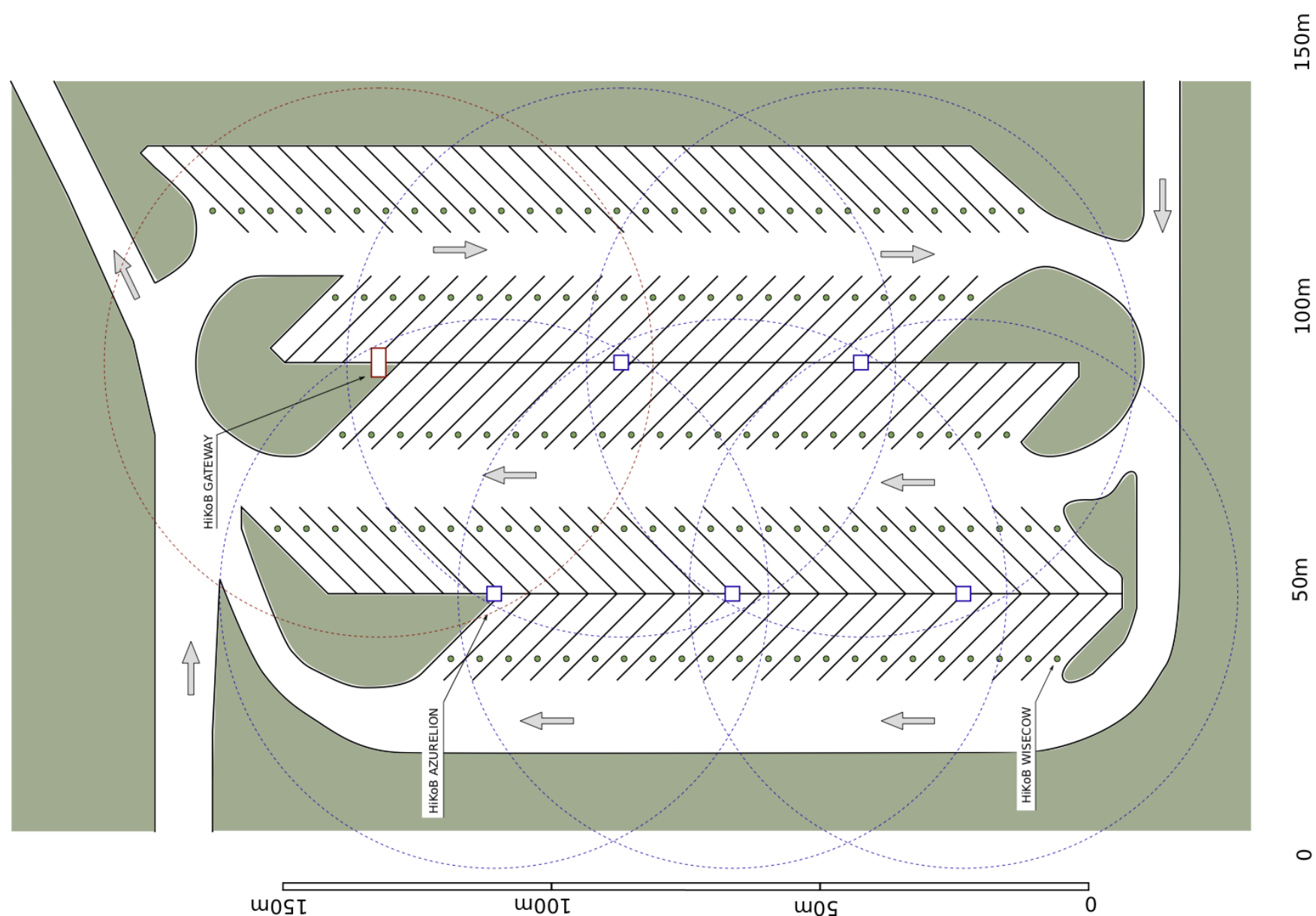
## VARIABILITE DES COMMUNICATIONS

- capteur « en place » vers routeur



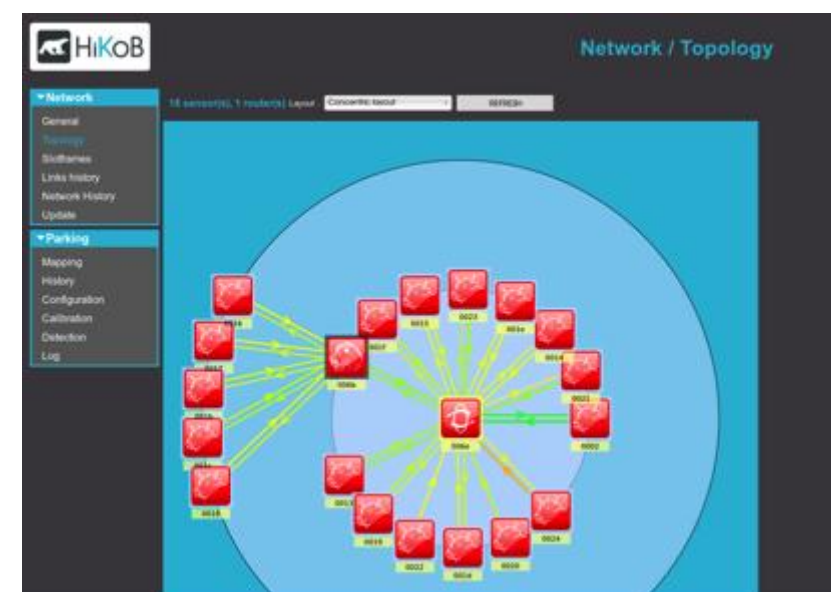
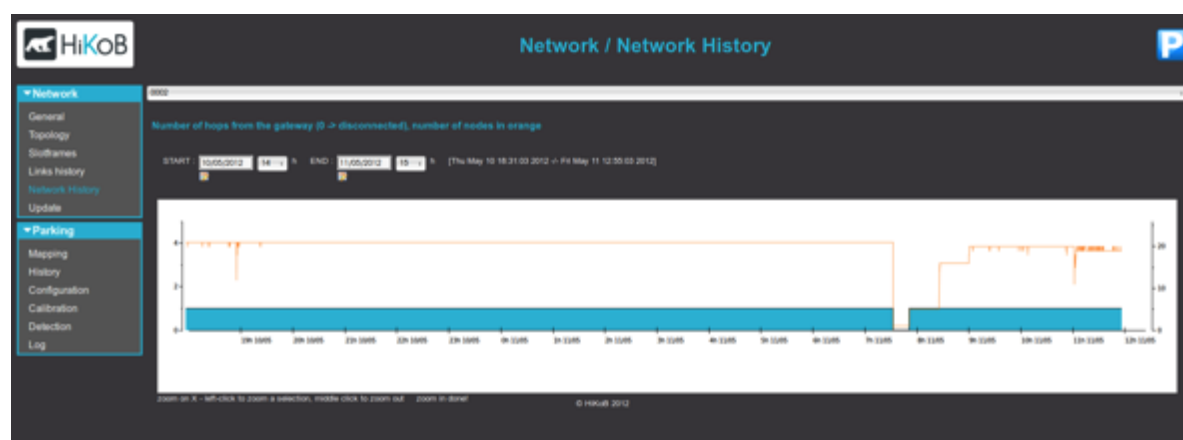
# COMMUNICATIONS, SUPERVISION & DIMENSIONNEMENT RADIO

## BESOIN DE DIMENSIONNEMENT



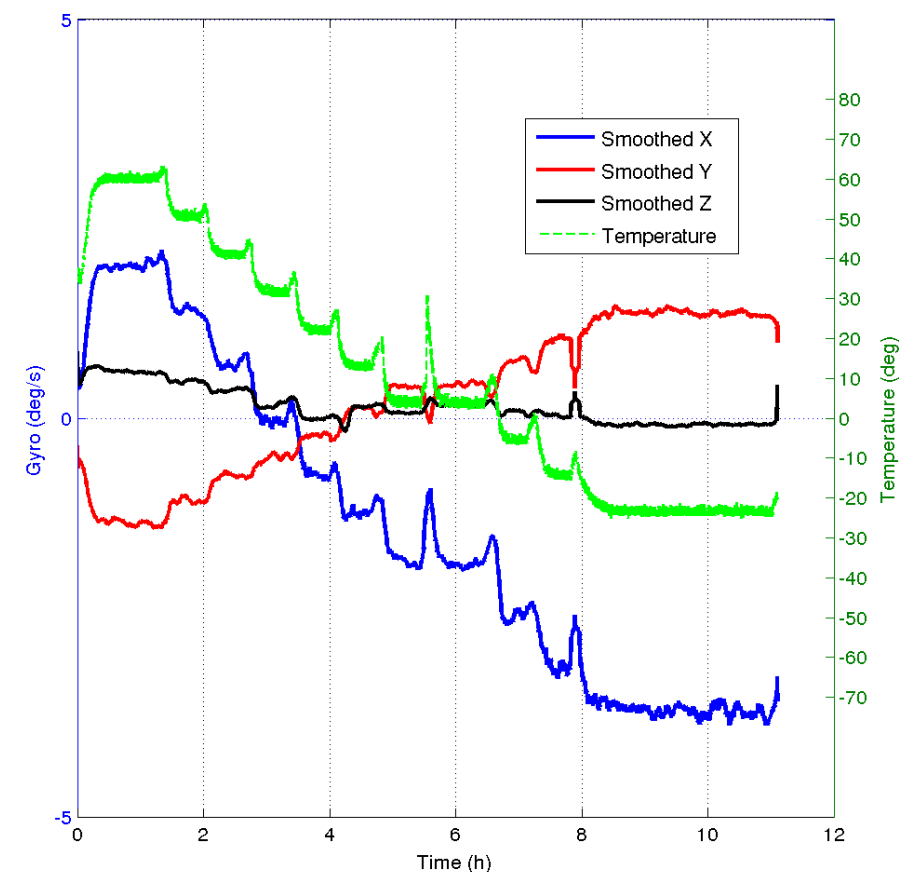
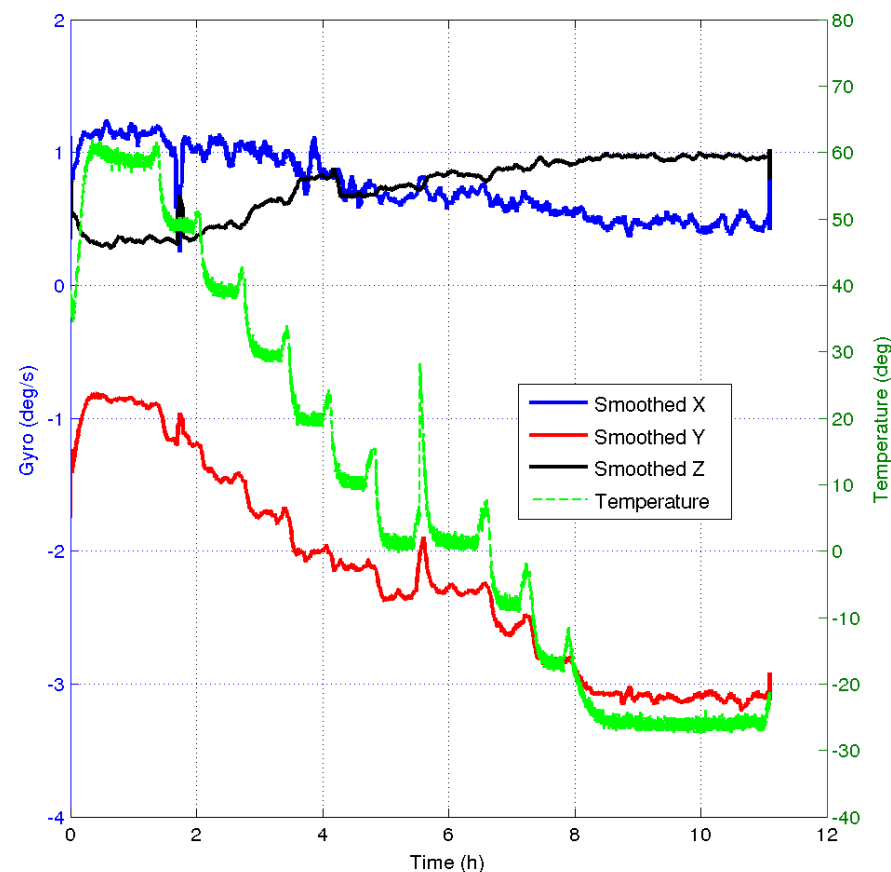
# COMMUNICATIONS, SUPERVISION & DIMENSIONNEMENT RADIO

## BESOIN DE SUPERVISION



## FIABILITE DE LA MESURE LOCALE

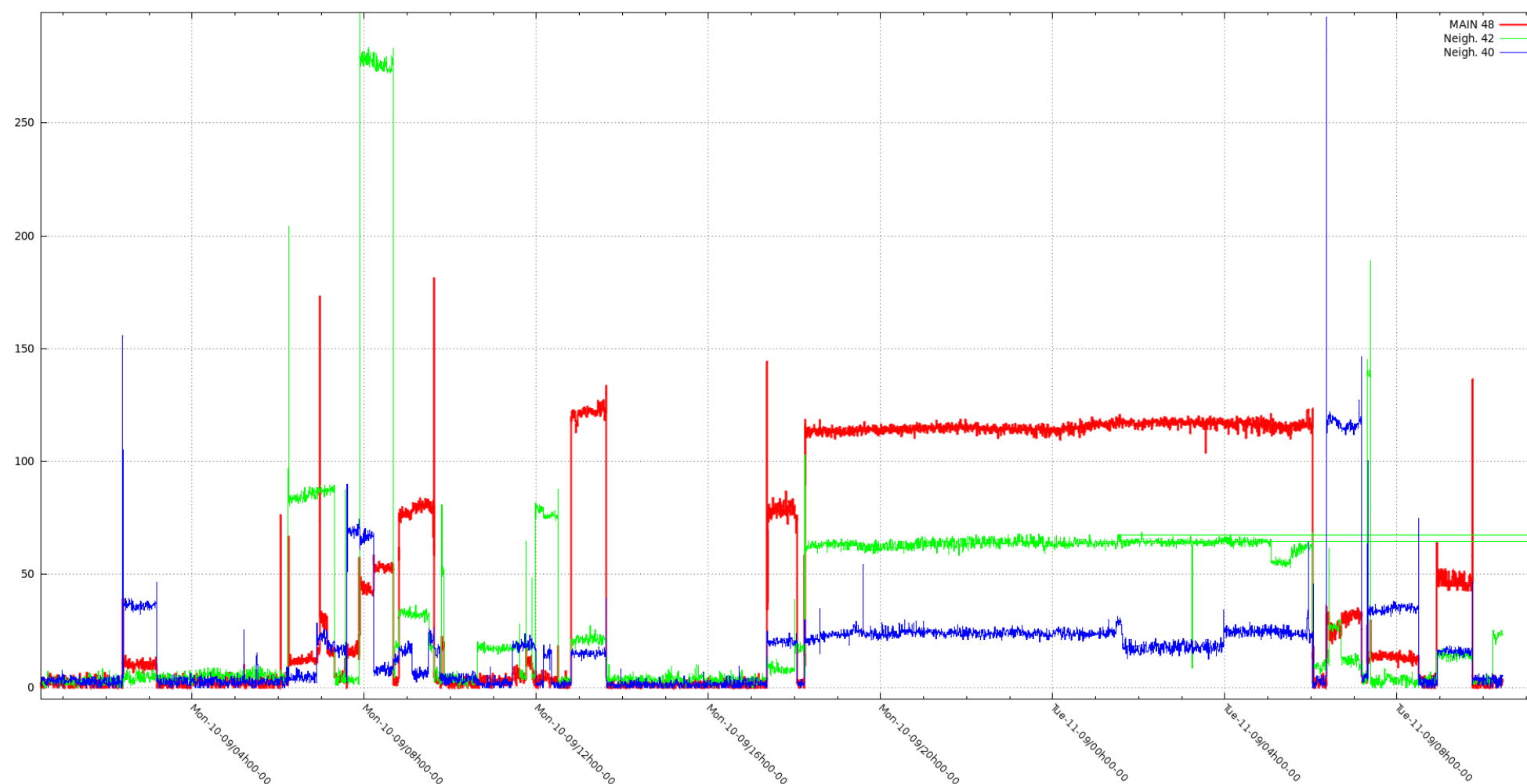
- MEMS : sondes miniatures et peu couteuses MAIS
  - COMPENSATION (en T° )
  - CALIBRATION





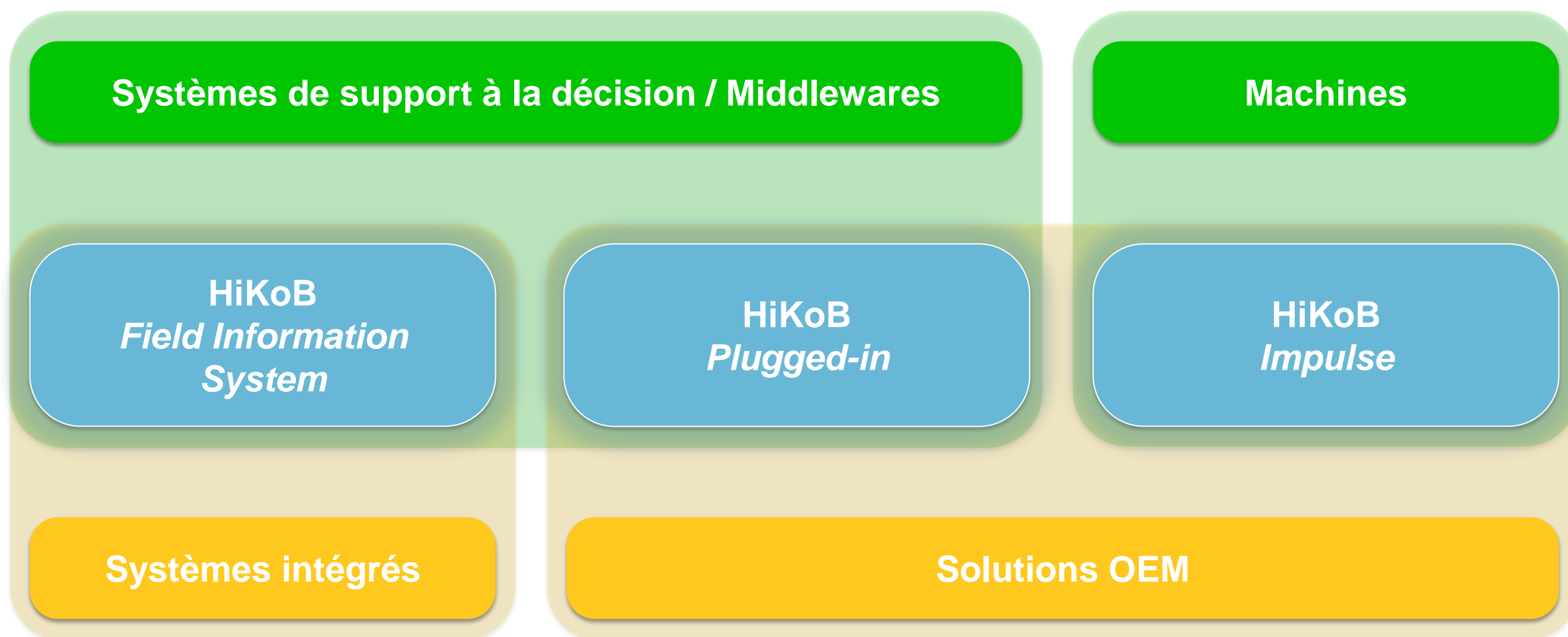
## FIABILITE DE LA MESURE GLOBAL

- Fusion de données pour reconstruction d'une information

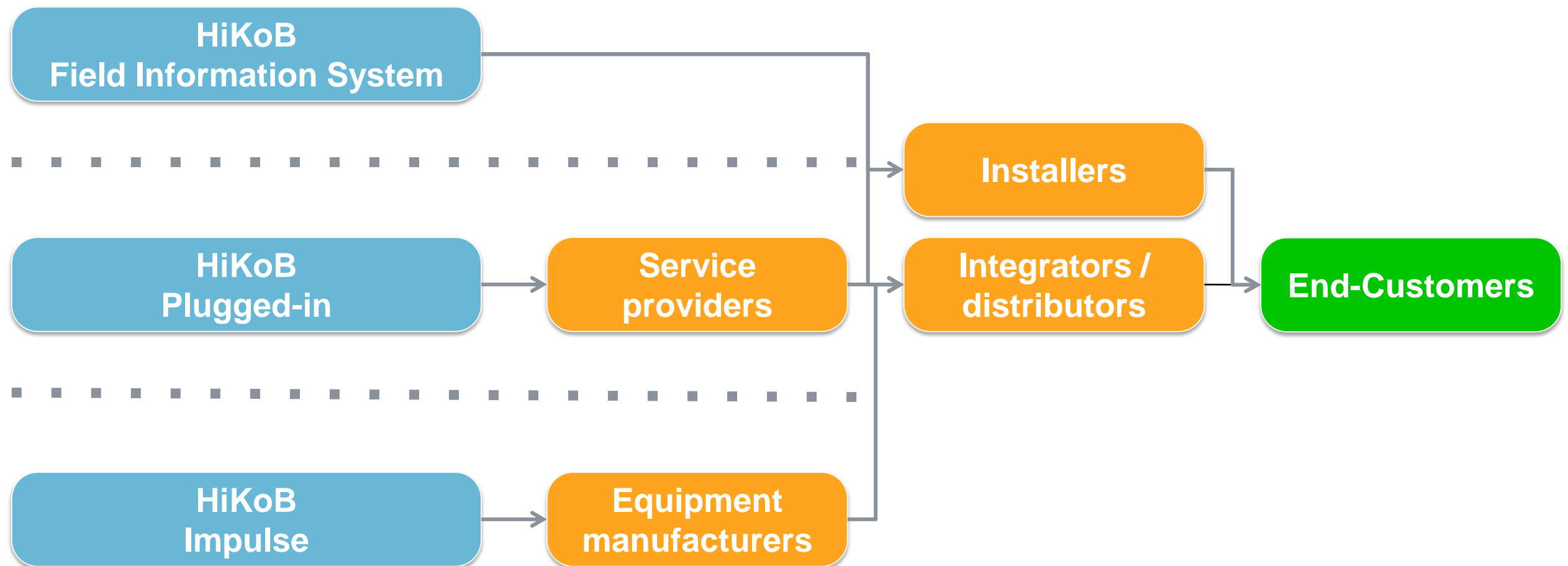


## 6 – HiKoB

# UNE OFFRE GLOBALE ET UNIFIEE

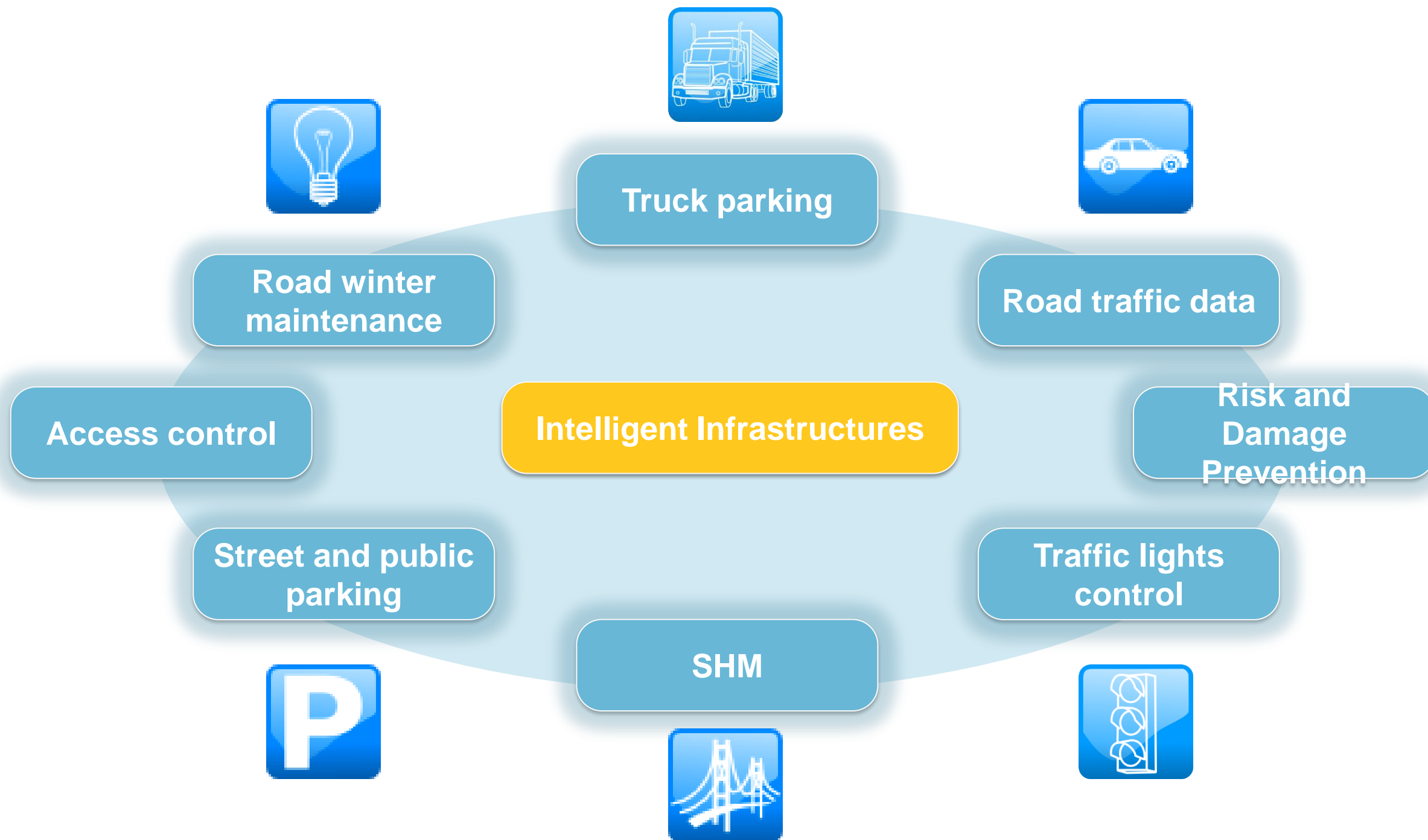


# CANAUX DE VENTE





# APPLICATIONS



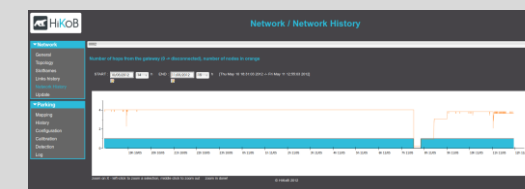
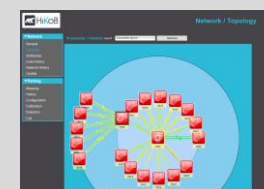
# OFFER COMPONENTS

Logiciel

## Interface logicielle de supervision et applicative



**HiKoB NETWORK  
MANAGER**



communication

## Passerelle



**HiKoB GATEWAY**



**Connection IP  
Bi-bande 2,4 GHz / 868 MHz**

## Routeurs



**HiKoB AZURE LION**



**Bi-bande 2,4 GHz / 868 MHz**

Nœuds capteurs

## Capteurs



**HiKoB FOX**



**HiKoB WISE COW**



**HiKoB WOLF**

**Déformations, chocs et vibrations :**  
accéléromètre, magnétomètre, gyroscope

**Instrumentation des ouvrages et des  
bâtiments :** température, pression, jauge de  
contrainte

**Supervision environnementale :** sondes de  
gaz

**Gestion du trafic, gestion du stationnement**  
: mesure de champ magnétique

## 7 - CONCLUSION

# CONCLUSION

***QU'EN EST-IL DE L'EXPLOITATION  
DES DONNEES ?***





# CONTACT

## HiKoB

***Guillaume Chelius***

***CEO***

***[guillaume.chelius@hikob.com](mailto:guillaume.chelius@hikob.com)***

***66 boulevard Niels Bohr, BP 521 32***

***69603 Villeurbanne Cedex - France***

***[contact@hikob.com](mailto:contact@hikob.com)***

***[www.hikob.com](http://www.hikob.com)***